

⑨ 日本国特許庁 (JP)
⑩ 公開特許公報 (A)

⑪ 特許出願公開
昭55—1591

⑫ Int. Cl.³
G 21 F 1/00
5/00

識別記号

庁内整理番号
7808—2G
7808—2G

⑬ 公開 昭和55年(1980)1月8日

発明の数 2
審査請求 有

(全 10 頁)

⑭ 使用済み核燃料の包囲方法及び装置

⑮ 特 願 昭54—73134

⑯ 出 願 昭54(1979)6月12日

優先権主張 ⑰ 1978年6月12日 ⑱ 米国(US)
⑲ S.N.914828

⑳ 発 明 者 レナード・ロバート・フレイシ
ヤー
アメリカ合衆国ペンシルベニア
州ピッツバーグ・アローウッド
・ドライブ1179

㉑ 発 明 者 ムシアン・グナセカラン
アメリカ合衆国カリフォルニア
州ウッドランド・ヒルズ・カン
ゾネット22147

㉒ 出 願 人 ウエスチングハウス・エレクト
リック・コーポレーション
アメリカ合衆国ペンシルベニア
州ピッツバーグ・ゲイトウエイ
・センター(番地なし)

㉓ 代 理 人 弁理士 曾我道照

金属繊維

明 細 書

1 発明の名称

使用済み核燃料の包囲方法及び装置

2 特許請求の範囲

- (1) 金属製ハウジング内に放射性核種を入れた使用済み核燃料の包囲方法において、一様に分散した金属繊維を有する所定透湿水分率のコンクリート内層で前記ハウジングを完全に且つ隣接して囲み、前記内層の所定透湿水分率より小さい透湿水分率を有し且つポリマーの分散したコンクリート外層で前記内層を完全に且つ隣接して囲む使用済み核燃料の包囲方法。
- (2) 金属製ハウジング内に放射化した核分裂生成物を入れた使用済み核燃料を包囲するために、前記ハウジングを完全に且つ隣接して囲む一様なコンクリートを備える装置において、前記コンクリートは、熱伝導率を増すために金属繊維を有し、且つ不透透率を増すためにポリマーを有し、また、前記装置はコンクリート

ートの外側表面を対流で冷却する手段を備えることを特徴とする使用済み核燃料の包囲装置。

3 発明の詳細な説明

この発明は使用済み核燃料の貯蔵に関し、特に、かかる貯蔵のためにコンクリートを使用するものである。

大抵の原子炉は、金属被殻の中に入ったベレットの形で燃料を使用する。燃料の棒はダクト型構造に束ねるか、或は骨格構造を使つて一体化され、組み立てた長さに沿つて格子を配置する。原子炉からかかる燃料集合体を取り出した後、燃料棒は固体又は気体の形の核分裂生成物を有するだけでなく、再処理の後別の原子炉で燃料として有効な核分裂可能同位元素を有する。

原子炉から取り出した燃料集合体は、熱の冷却と同時に放射線しや熱の装置として機能する、水を張つた使用済み燃料貯蔵プール内に入れるのが典型的である。しかし、これ等のプールは

比較的不足しており、また、十分な再処理設備が不足しているために、現在必要とされている長期間の貯蔵をこのプールで行なうことができない。更に、水中貯蔵は意にかなり長期間の貯蔵信頼性をもたらさないかも知れないし、そして地上での貯蔵は地質的に安定な水中構造内での長期貯蔵設備が現在考えられている。しかし、提案された解決法は今日までのところ公に受け入れられていない。

従つて、使用済み核燃料の完全貯蔵のための別の方式が望まれている。次の要求を満たす貯蔵方式が好ましい方式であろう。即ち、使用済み燃料中の放射性物質を入れておかなければならず、そして包囲燃料の浸出及び包囲体の浸食が長い貯蔵期間の間に起るべきではない。燃料がそのコンテインメントの健全性を危険にさらすかも知れない臨界レベルに達しないように、包囲体は放射性崩壊による熱を適切に取り去れるものでなければならぬ。更に、包囲体は、使用済み燃料棒から放射されるガンマ放射線及び中性

子放射線から隔離構造及び作業員を保護するために十分なしや蔽を行ないうるのが有利である。また、所定量の放射性崩壊があつた後、そして所望の同位体核種の再処理及び回収が使用済み燃料に対して望まれる時に、かかる包囲体は使用済み燃料を比較的容易に取り出させる能力を有することは有利である。或は、テロリスト及び転用工作の可能性を減じよう燃料回収又は燃料への接近可能性に関してかなりの困難度をもたらす貯蔵システムとするのが望ましいかも知れない。そして、かかる貯蔵システムが実質的に必要とされるのは短期間であるから、短期間内に利用できる信頼性のある包囲システムとするのに手近の技術状態を利用するのが望ましい。

先

従つてこの発明の目的は、先行技術の諸々の欠陥の解消を考えて貯蔵するための使用済み核燃料包囲装置を提供することである。

上記目的からこの発明は、金属製ハウジング内に放射化した核分裂生成物を入れた使用済み

核燃料を包囲するために、前記ハウジングを完全に且つ隣接して囲む一様なコンクリートを備える装置において、前記コンクリートは、熱伝導率を増すために金属繊維を有し且つ不透過率を増すためにポリマーを有し、また、前記装置はコンクリートの外側表面を対流で冷却する手段を備えることを特徴としている。

コンクリート構造は、原子炉構造から隔離されるしや蔽体として原子力工業の分野で使用されていたが、コンクリートは、貯蔵した燃料棒又は燃料集合体と隣接して接触しながら使用済み燃料を長期間貯蔵するのに有用な混合物としては全く考えられていなかった。この発明は使用済み燃料を完全に且つ隣接して包囲するコンクリート混合物の利用を開示するものであつて、放射性物質は閉じ込められ、崩壊熱は除去され、ガンマ放射線及び中性子放射線に対するしや蔽がもたらされ、しかも手近の技術状態が利用されるようになっていく。従つて、使用済み燃料は、放射性崩壊熱の分散及び除去のため熱伝導

率を高める金属繊維が混合されたコンクリートの中に完全に包囲され、しかして該コンクリートにはポリマーが含まれていて、浸出を軽減する実質的に不透過性の構造となつている。コンクリート全体にわたつて金属繊維及びポリマーを一様に分散せしめうる。或は、金属繊維を有するコンクリートの内層が使用済み燃料を完全に囲み、そしてポリマーを有するコンクリートの外層がコンクリート内層を完全に囲むようにしうる。また、ファンその他の構造を利用するような付加的手段でコンクリート外表面からの対流を増し、崩壊熱を除去できる。

更に、モノマーと、コンクリート毛管内でこのモノマーをポリマーに転化するに連する触媒とを添加することにより、コンクリート構造の毛管内にポリマーを含浸せしめうる。化学的触媒の他に、熱又は放射線を加えるようなその他の反応によつてモノマーからポリマーへの転化を行なうことができる。更に、所定の温度を与えられた時に分應してコンクリートの破壊によ

り使用済み燃料の取り出しを可能とするような、コンクリート用塗着剤の一部として、有機酸加剤を使用できる。また、しや酸を強化するために特定の中性子吸収材をコンクリート混合物に添加できる。特に、内層として高伝導率のコンクリート、外層として低透過率のコンクリートが使用されている場合、コンクリートの遊離水分率を高熱伝導率及び低透過率の要求と両立できるように調節することが好ましい。

この発明は、その例示的諸実施例に関する以下の記載を添付図面に開示して読めば、該記載から一層容易に明らかとなろう。

第1図を参照すると、後述するようなコンクリート混合物又はマトリクス12内に完全に且つ鎖状して囲まれた核燃料棒10が図示されている。燃料棒10は、ステンレス鋼又はジルコニウム合金のような金属製被覆14(ハウジング)内に気密に封止された複数の核燃料ペレット16を含んでいる。原子炉の運転中、二酸化ウラン(UO_2)のセラミック形式のような初期燃

料は“燃焼”し、原子炉から取り出す際には、燃料棒は非常に放射線の強い状態の固体及び気体核分裂生成物を含む放射線核種を含んでいる。また、再処理して原子炉の炉心内に入れた時に相当価値のある核分裂可能同位体も含まれている。核分裂生成物のガスは、燃料棒10の上端にあるブレナム18に入っているのが普通であり、また、燃料棒の全内部と流体連通している。気密に封止されてはいても、使用済み燃料貯蔵装置はどれも、燃料棒被覆の破損、コンクリートマトリクス12のような包囲構造への核分裂生成物の放出といった仮定を浸出の可能性と共に考慮に入れておかなければならない。更に、放射性核分裂生成物はかなりの量の崩壊熱を出すので、燃料棒の破損につながるかも知れない燃料棒の過熱及び過度応力が生じないように、この崩壊熱も包囲構造で取り安らねばならない。このことは、第1図に示したコンクリートマトリクス12では、金属線維20のようにコンクリートの熱伝導率を増す手段と、コンクリートマ

トリクス12内の毛管24を満たすポリマー22のような不透過率を増す手段ととをコンクリートマトリクスに合体することにより行なわれる。

第2図に示す別の実施例では、複数の燃料棒10と、包囲の前に燃料棒から取り除かれていてもいなくてもよい支持構造とで構成される燃料集合体26がコンクリートの内層28及び外層30に入れられている。燃料集合体26に接触して完全に囲む内層28は、その全体にわたって一様に分散した金属線維20を含み、外層30はその不透過率を増すようにポリマー22を含浸したコンクリートで構成されている。また、第2図には、ファン又はブローヤ24のように外層30の外表面22の対流による冷却を促進する手段も図示されているが、自然対流冷却を利用することもできる。十分な冷却導管をコンクリートマトリクスに通してそこに所望の冷却材を流すことによつて、伝導で冷却するようなその他の手段を利用できるが、これは当該技

術に習熟した者にとつて明らかであろう。しかしながらこのような冷却はより実効があるが、好適な自然又は強制対流冷却手段に依存する場合と比較して相当な保守と監視とを要するであろう。また、大地への伝導も有利に使用できる。温度その他の監視装置32をコンクリート近傍或は内部で使用して、温度その他の諸状態を離れた場所にある装置34に指示することができる。これ等の包囲構造では、燃料棒又は燃料集合体が補強棒として作用し、単なるコンクリートブロックより強度のある完全包囲装置を与える。

当該技術に習熟した者にとつて明らかなように、厚さ、密度、熱伝導率、水分率その他のコンクリート層の諸特性はコンクリート包囲内に与えられる使用済み燃料の特定要件に従つて変えることができる。例えば、使用済み燃料棒内の崩壊熱及び強度は、原子炉の炉心から燃料棒を取り出した後の経過時間に従つて実質的に減少する関数である。従つて、この発明は、コンク

リートマトリクス内への包囲前に大体5年間に及ぶ期間にわたって水冷却のような短期間貯蔵手段と共に使用されることが考えられる。しかし、マトリクスの特性は、外部対流冷却から最も離れた領域であるコンクリートカプセル中央の燃料棒10又は燃料集合体26を守ることができない程度に該燃料棒又は燃料集合体が孤立してしまわないように、調節されるべきである。従つて、使用済み燃料の崩壊熱をマトリクス並びに金属線維を通じて十分な高率で外部へ伝導して、被覆とコンクリートとの境界面での温度が過度にならないようにすべきである。このような状況において、境界面の上限温度は、例えば、

- (a) 被覆溶解温度を超えてはならない、
- (b) 核分裂ガスの内圧の下に被覆が変形するかも知れない温度以下でなければならない、
- (c) 被覆の連続酸化が起こる温度以下でなければならない、
- (d) 被覆がコンクリートの組成成分と望ましくない反応をする温度以下でなければならない、

ルギ出力は、コンクリートの外表面から燃料集合体中心線まで約430℃の温度上昇をもたらすであろう。しかし、10倍の割合で熱伝導率を増せば温度上昇は約43℃に減少するであろうし、また、単に対流手段により実施可能なコンクリートの表面冷却を行なえば、中心線温度は最高温度規準内に十分入るであろう。更に、その他の諸理由で燃料集合体以上にコンクリートの厚さを与えれば10cm(24in)まで倍にすれば、線維補強コンクリートで約59℃の熱の差となるであろう。

コンクリートの熱伝導率は、その密度、使用する骨材及びセメントの種類、遊離水分含有率等の複雑な関数である。大抵のコンクリートでは、これ等の諸要素が約2倍の割合以上に熱伝導率の可変性を制御する。このことは、骨材の種類による熱伝導率の変化を示す第1表及び玄武岩の骨材でつくつたコンクリートについての遊離水分含有率の関数として熱伝導率の変化を示す第2図に記載されている。

(e) コンクリートの特質が望ましくなく低減する温度以下でなければならない。

というように漸次限定することができる。これ等の規準と両立できる好適な上限温度は大体200℃である。

例えば、液体貯蔵プールにおけるポスト照射(post-irradiation)冷却の5年後に加圧水形原子炉(PWR)から取り出した平均の燃料集合体26は、原子炉中にある他の燃料棒の定常状態における核分裂出力密度について、各燃料棒10における崩壊出力密度が約 4×10^{-4} である代表的原子炉(PWR)内で約10 KW/ftで運転する一つの燃料棒については、燃料棒取出し後5年の崩壊出力密度は約 4×10^{-4} KW/ft/燃料棒であろう。或は250の燃料棒を有する燃料集合体については約1 KW/ftであろう。典型的燃料集合体の燃料棒は長が約3.6 m(12 ft)である。約1 BTU-ft/hr-ft²-Fの熱伝導率と30.5 cm(12 in)の厚さを有する通常のコンクリートに関しては、1 KW/ftの定常ユネ

第 1 表
コンクリート熱伝導率の変化

骨材の種類	コンクリートの単位重量 (lb/ft ³ (kg/m ³))	熱伝導率 BTU-ft/hr-ft ² -F (g-cal/cm/hr-m ² -C)
重晶石	227(3640)	0.8 (1.18)
火成岩	159(2550)	0.83(1.19)
玄武岩	160(2560)	2.13(3.15)
軽量コンクリート (オープン乾知)	30-110(180-1760)	0.08-0.25(0.11-0.52)

骨材の種類と遊離水分含有率だけの変化によつては、所望の熱伝導率の一例10 BTU-ft/hr-ft²-Fを得られないことが明らかであろう。しかし、コンクリート全体にわたって金属線維を分散させることによつて大きな熱伝導率上昇を行ないうる。更に、金属の分散を行なう方法は線維補強技術に現存しており、また、熱伝導率に加えて使用済み燃料貯蔵に有用な特性の改良も行なわれている。銅、アルミニウム或は銅のような金属線維が好適であり、また、良好な熱

伝導率を保証するその他の繊維も利用できる。無作為に分散したアスベクト割合（繊維比）60～100の繊維を使用するコンクリートの繊維補強は、曲げ及び割れ強度特性をコンクリートに付与する手段として良く知られている。また、圧縮、剪断、疲労、衝撃及び凍結-融解耐久度特性も上昇する。「Cement and Concrete Research」第4巻第497～509頁（1974年）は、小さい容積濃度の鋼繊維の添加によつて繊維補強コンクリートの熱伝導率を約7～10倍の割合（第4図）で増大できると、説明している。また、振動によるつき固めて繊維をある程度整列させ、熱の流れる方向に指向させることも示しているが、これは第4図における実験値と理論値との間の差を説明している。従つて、オミニミキサー（Omni-Mixer、特別な一軸）のような効果的な混合機を使用すると共に、コンクリートに適當な表面活性剤を添加すれば、特定の使用済み燃料の貯蔵に利用可能な値の熱伝導率を金属繊維含有率の増大によつて

得ることができると予測される。

熱伝導率の増大に加えて、天然の重い骨材或は鋼その他の金属繊維のような人工骨材の使用を通じて得た密度増加により、コンクリートによるガンマ線吸収が増大される。しかし、沈降過程における分相を回避するように、骨材は良く分粒すべきである。第2表はコンクリートに対する微細骨材の分粒の一例をふり分けの関数として表わしている。ポツソラナ（pozzolana）及びアイアンショットと共にタイプIのポートランドセメントを使用することにより、300 lb/ft³以上の密度を有するコンクリートが得られることが分かっていた。従つて、

National Gypsum Co. の Huron Cement Division から入手できる「Regulated Set Cement（調整セツトセメント）」、急結及び強度利点のある改良ポートランドセメントのような急結セメントを、タイプIのポートランドセメント及び金属繊維又は（及び）メタルショットのような金属骨材と組み合わせて使用すれば、300～

400 lb/ft³の密度を有するコンクリートが分相の問題を生じることなく都合よく得られると考えられる。このような高密度のコンクリートは熱伝導率を増大させるだけでなく、所定のしゃ蔽規準を達成するために必要な包囲コンクリートの厚さを減じることになる。また、ある与えられた熱伝導率に対して、コンクリート厚さの減少はコンクリート包囲厚さ両端間の温度上昇を低下させる結果となる。

第 2 表

微細骨材のふり分け

ふり分け	JAROX 砂重量%	+1乾燥砂重量%
+20	1.22	0.030
-20+40	90.14	25.06
-40+60	8.49	47.16
-60+80	0.12	17.19
-80+100	0.005	4.06
-100+120	0.006	3.03
-120	0.007	2.33
-140	0.93

ふり分け	パークレイ砂重量%	EPJ 砂重量%
+40	5.30
-40+80	9.30
-80+100	6.02
-100+120	9.89
-120+140	7.83
-140+170	12.39
-170+200	10.93	0.11
-200+230	5.93	0.33
-230+270	7.97	0.90
-270+325	9.93	3.03
-325+400	3.06	5.27
-400	.07	17.27

注：「-」は通過、「+」は残留を表わす。

使用済み核燃料の包囲鉄板はいずれも核分裂生成物の放出可能性及び浸出の問題を考慮しなければならぬので、包囲コンクリートの透過率を減じねばならない。高い遊離水分含有率によつてコンクリートを通る熱伝導率は増大するが、透過率もまた増大する。所望の最終結果は熱伝

第 3 表

各種岩及びセメントペーストの透過率

岩の種類	透過率 α/sec	同一透過率の養生ペーストの水対セメント比
緻密トラップ	2.47×10^{-12}	0.38
石英閃爍岩	1.21×10^{-12}	0.42
大理石	2.39×10^{-12}	0.48
大理石	3.77×10^{-12}	0.66
花こう岩	5.35×10^{-9}	0.70
砂 岩	1.23×10^{-8}	0.71
花こう岩	1.56×10^{-8}	0.71

養生による水和状態の関数としてのセメントペーストの透過率を水対セメント比が0.7の場合について図4に示す。

導率の増大と透過率の低下であるから、コンクリートの遊離水分含有率に関するこれらの特性間に交換が成立しなければならない。また、不透透率はコンクリート毛管構造へのポリマーの添加によつても増大する。そして、異なる遊離水分含有率を望む場合には、図2に示すような使用済み燃料貯蔵構造を利用するのが有利であつて、内層2が高遊離水分含有率を有し外層3が低遊離水分含有率を有する。水とセメントの割合が低いセメントペーストが非常に小さい透過率を有することは知られている。例えば、約0.4の水対セメント比でつくつた十分に硬化した水硬セメントペーストは、緻密トラップ岩の透過率に大体等しい約 2.5×10^{-12} α/sec の透過率を持つ。水対セメント比が異なる種々のセメントペーストに対する天然鉱物の透過率の比較を第3表に示す。

第 4 表

セメントペーストの透過率減少

養生日数	透過率 α/sec
初期	2×10^{-4}
5	4×10^{-8}
6	1×10^{-8}
8	4×10^{-9}
13	5×10^{-10}
29	1×10^{-10}
最終	6×10^{-11}

水対セメント比の他にコンクリート中の全セメント含有量も第5表に示すように透過率に影響する。第5表はダムで使われるのが代表的なコンクリートに基づいている。

第 5 表

コンクリートの透過率

セメント含有量 $\text{lb/cu yd (kg/m}^3\text{)}$	水対セメント比	透過率 $10^{-12} \alpha/\text{sec}$
257 (151)	0.74	2.47
263 (155)	0.69	8.23
282 (167)	0.54	9.24
276 (153)	0.46	2.77

適当な養生手順と関連して混合物のセメント含有量及びフライアッシュのようなボツツオラナ状物質の添加を適切に選択することによつて、非常に低い透過率のコンクリートを製造できる。ゲル細孔は $10 \sim 15 \text{ \AA}$ の程度の小ささなので物理的には、セメントペーストの透過率は図5に示すように毛管細孔によつて主として制御される。コンクリート毛管のネットワークを満たすため有機樹脂又はポリマーを直接浸透させる他に、コンクリート混合物内に適当なモノマー及び触媒を組み入れて、有機液体組織を熱或は放射線のような加励要因の影響の下にコンクリートの微細構造内でポリマー組織に転化することにより、非常に透過率の低いコンクリートを得ることができる。混合段階中に開始されるモノマーからポリマーへの転化を使用する他に、モノマーを例えば排気の後コンクリートの微細構造に注入可能であり、また、適当な触媒及び活性手段と共同してモノマーをコンクリート毛管の微細構造を満たすポリマーに転化可能で

ある。

次に供示する組成及び手順は、比較的に高い熱伝導率と低い透過率の所望特性をもたらしコンクリート中への使用済み核燃料及び(又は)燃料集合体の埋め込み及び包囲に迫している。技術に習熟した者は、使用した仙々の諸成分又はパラメータに代わるものとしてその他の諸実施例を思い付くであろう。

実施例はいずれも、オムニミキサーのような高効率混合機中で諸成分を混合すること、使用済み燃料棒又は燃料集合体を埋め込み且つ包囲するためコンクリート混合物を型の中に封込むこと、金属繊維を整理させ且つ空間を除く作用のある型の振動によりコンクリートの構成を促進することを含む。ポリマーコンクリートの実施例については、水硬セメント結合コンクリート中の埋め込みの外周に全包囲体として或は低透過率層として、30 mmHg 程度の真空を密封め工程中に使用する。

製造

混合物を真空タンク内側の振動テーブル上で密封めする。タンクは振動装置を運転しながら排気し約30 mmHg の真空度に維持する。しかる後、混合物を約600~700℃に加熱する。次にタンクに圧力パルスを作動させ、10分間の間隔で再排気す。重合は約30分で十分に進行し、真空及び圧力パルスを停止する。重合は3時間で実質的に完了し、コンクリート本体を型から取り出しうる。

被覆

コンクリート本体の表面層は蒸発によりポリマーの中で水分減少するかも知れない。従つて、外部から付けた保護被覆を有利に使用できる。Brookhaven National Laboratory で開発したポリアクリル/ペラフィンシルコート("Concrete-Polymer Materials"、第5トピカルレポート、BNL 50390、1973年12月)のような適当な被覆材料を利用できる。HALAR (MCTPE(Allied Chemical Corp.)), SIERRACIN(

実施例、ポリマーコンクリート

組成

材 料	有材及び充填材 (重量%)	合計重量%
金属繊維(〜10容量%)		3.1
銅繊維		
長さ1.9cm×直径0.045cm		
粗大骨材		8
砕砕白雲石岩		
微細骨材及び充填材		4.6
24 ROK 砂	5.0	
4/10 乾砂	1.7	
パークレイ砂	8	
RFJ 砂	1.2	
0-33 水和アルミナ	1.3	
	10.0	

有接物

	結合剤(重量%)	結合剤(重量%)	合計
結合剤			1.5
ポリエステル樹脂	7.4	7.2	
スチレンモノマー	2.1	2.0	
表面活性剤	4	?	
繊維(MKEP)	1	1	
	10.0	10.0	

Sierracin Corp)、ENVIREZ (PPG Industries) のような販売業者からのその他の所有者の処方を利用できる。被覆はポリマーコンクリート表面に塗布、吹き付け、或はフラズマ吹き付けでつくることができ、所定場所で重合する。

実施例、ポリマー含浸コンクリート

組成

材 料	微細骨材 (重量%)	合計(重量%)
金属繊維(〜10容量%)		31.2
銅繊維		
長さ1.9cm×直径0.045cm		
粗大骨材		19.6
砕砕白雲石岩		
微細骨材		
24 ROK 砂	5.0	
4/10 乾砂	1.7	
パークレイ砂	8	
RFJ 砂	1.2	
0-33 水和アルミナ	1.3	
	10.0	

セメント及びポツツオラナ (重量%)	合計 (重量%)
セメント及びポツツオラナ	6.6
タイプIポートランドセメント	3.9
調整セフトセメント	2.8
フライアッシュ	9.3
	100
水及び表面活性剤 (重量%)	
水及び表面活性剤	2.8
水	9.8
プラスチック	2
	100
	100

養生

混合物は、鋳込みの直後及びその後約1〜2時間振動を続けながら、振動テーブル上で型締めされる。型を24時間の硬化期間後に取り払い、その後更に24時間約150℃で蒸気中で養生してから、更なる処理の前に最低24時間空气中に放置する。腐蝕熱による内部加熱及び放射熱による加熱が養生処理を続行する。

合浸

された核燃料を貯蔵区域へ取り出す。

実施例のコンクリートマトリクスから期待される微細な毛細孔のネットワークは表面に近い層への含浸剤の浸透を、マトリクスの不透過率の指標である深さ約2.54〜15.24cm(1〜6in)に制限すべきである。含浸剤ポリマーは表面を封止しコンクリート本体の透過率を更に減じるであろう。大きな直径の毛管細孔を有するマトリクスでは樹脂混合物が一層深く浸透し、本来の場所の重合により透過率が小さくなる。包囲された核燃料からの放射線は重合を促進させ交差結合を強めると期待できる。

実施例、二層コンクリート

成りなつた包囲構造は、炭/包囲体としての、金属繊維を増した水硬セメント結合コンクリートと、金属繊維を増したポリマーコンクリートからなる核から付けた表面層とを組み合わせたものである。この包囲構造は、第1層のための上記ポリマー含浸実施例のコンクリートのコンクリート組成、型締め及び養生処理を含む。乾

コンクリート表面を4時間、150℃の表面温度で真空中で乾燥させる。内部加熱を受けているならコンクリート表面を冷却する。例えば、メチル・メタクリレート・モノマー(MMA)とトリメチルプロパントリメタクリレート架橋剤(TMPTMA)とベンゾイル過酸化物(BPO)触媒とが90:10:1の重量比になつている樹脂混合物を、コンクリート本体を浸す真空室に注入する。約15〜30分を浸取のために見ており、そしてコンクリート本体をゲージ圧力3.5 kg/cm²(50 psi)に加圧して毛管細孔内に液体を出入する。加圧は1〜2時間維持する。次に圧力を減じ、過剰の樹脂混合物を排出する。未使用の樹脂混合物は次の含浸まで重合を遅らせるために冷蔵して貯蔵できる。

しかる後、コンクリートをゲージ圧力1.4〜1.8 kg/cm²(20〜25 psi)まで再び加圧し、そして必要なら60〜70℃の表面温度まで加熱し、その温度を1〜2時間維持する。真空室内の揮発分を次に除去、周囲空気を導入し、包囲

後、ポリマーコンクリート実施例に記載した組成のポリマーコンクリートを内層の周囲に鋳る。ポリマーコンクリートの実施例に示されるような最終の養生で処理が完了する。

この発明に従つて形成した高熱伝導率及び低透過率のコンクリートは、明らかに、包囲コンクリートから燃料棒又は燃料集合体を取り出すのにコンクリートセルをこわす作戦的処理を必要とするであろう。このような処置には、離れた場所から操作を必要とする穴くり及び空気づち打ちが含まれる。しかし、燃料棒内の残留核分裂燃料はかなりの数であるから、もつと容易な使用済み燃料の取出し方法が望ましい。この目的で、コンクリート内の有機結合を利用して外部の熱から300〜500℃の範囲にあるような高温に当たった時に、腐蝕し破壊することができる。かかる方法は、転用工作を軽減するためその他の予防手段を講じる場合に利用するのが好ましいであろう。

金属繊維の添加及びコンクリートの密度増大

によつて得られ、以上のしや酸強化が必要なら、高い熱中性吸収特性を有する特定の材料もコンクリートマトリクス内に含浸させることができる。例えば、ホウ素塩を混合の時点でコンクリート全体に分散させることが可能であり、或はカドミウムその他の良く知られた中性子吸収材の繊維のような追加金属繊維を一体に組み入れても中性子吸収率を増大できる。

明らかなように、この発明に従つて形成した高熱伝導率、低透過率のコンクリートは、封止した金属ドラム又はタンク内に入れた放射性核分裂物の長期貯蔵にも使用できる。

従つて、この発明及びその範囲から逸脱した数々の改良は、構造的利点、しや酸利点、及び輻射制限或は回収利点と共に高熱伝導率及び低透過率を有するコンクリートの使用によつて、原子炉の使用済み燃料及びその他の金属ケースに入つた放射性核種の安全な長期貯蔵に利用できる。

4 図面の簡単な説明

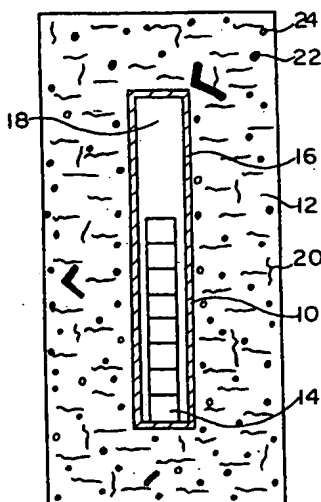
第1図はこの発明の第1実施例に従つて使用済み核燃料を包囲する装置を断面で示す立面図、第2図はこの発明の第2実施例を断面で示す立面図、第3図はコンクリートの遊離水分含有率(X軸、%)と熱伝導率(Y軸、BTU ft/hr-ft²下)との関係を示すグラフ、第4図は金属繊維の容積率(X軸)とコンクリート熱伝導率を表わす比(Y軸)との関係を示すグラフ、第5図はセメントペーストの毛管有孔率(X軸、%)と透過率(Y軸、10⁻¹¹ cm/sec)との関係を示すグラフである。

10・・・核燃料棒、12・・・コンクリートマトリクス、14・・・核燃料ペレット、16・・・被覆(ハウジング)、20・・・金属繊維、22・・・ポリマー、24・・・燃料集合体、26・・・内層、30・・・外層、32・・・対流手段。

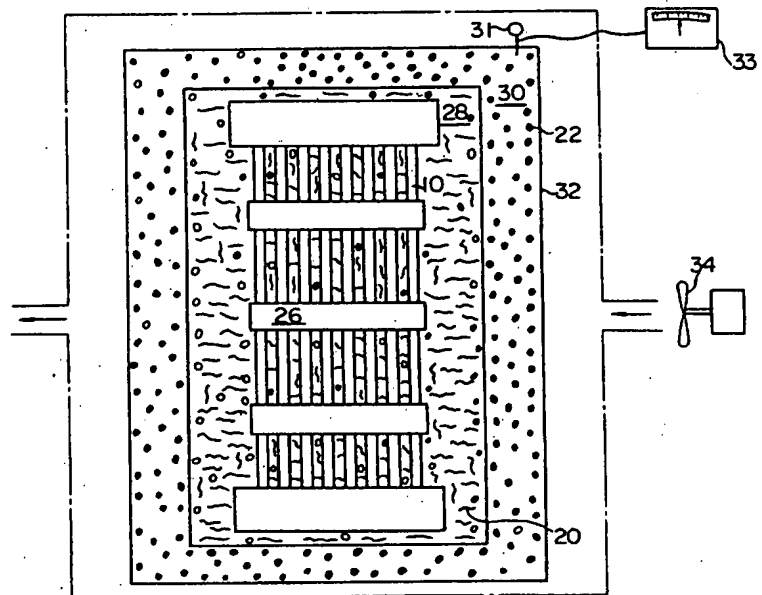
特許出願人 ウエスタンディングハウス・エレクトリック・コーポレーション

代理人 智 哉 通 商

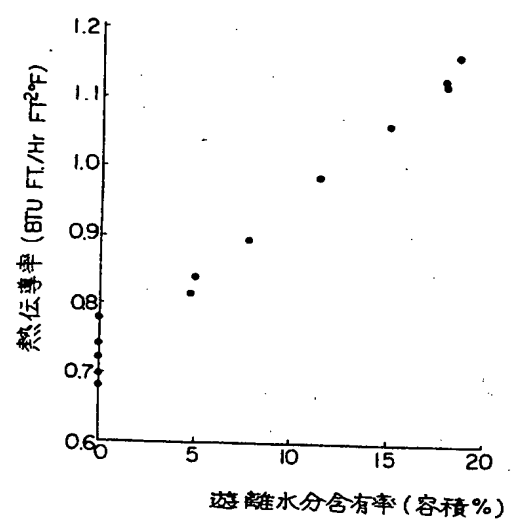
第1図



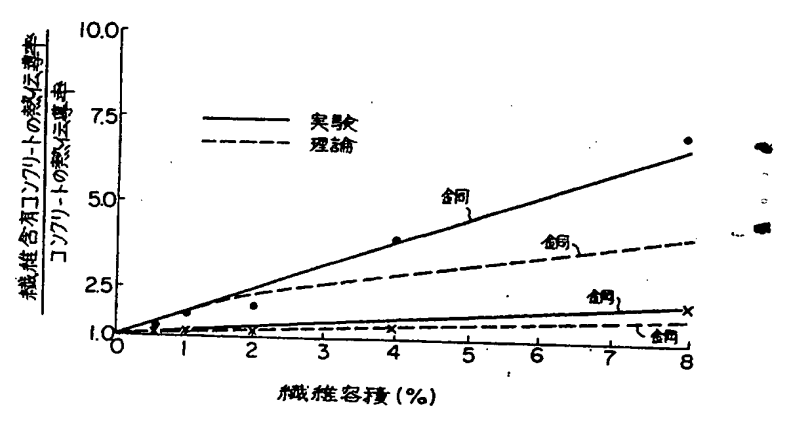
第2図



第 3 図



第 4 図



第 5 図

